

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
24. Dezember 2003 (24.12.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/106073 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B22D 11/041**

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP03/03081**

(22) Internationales Anmeldedatum:  
25. März 2003 (25.03.2003)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:  
102 26 214.4 13. Juni 2002 (13.06.2002) **DE**

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): **SMS DEMAG AKTIENGESellschaft**  
[DE/DE]; Eduard Schloemann-Strasse 4, 40237 Düssel-  
dorf (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **FEHLEMANN,**

**Gereon** [DE/DE]; Kreuzbergerstrasse 82, 40489 Düssel-  
dorf (DE). **STREUBEL, Hans** [DE/DE]; Schlüterstrasse  
30, 40699 Erkrath (DE).

(74) Anwalt: **VALENTIN, Ekkehard**; c/o Valentin, Gihlske,  
Grosse, Hammerstrasse 2, 57072 Siegen (DE).

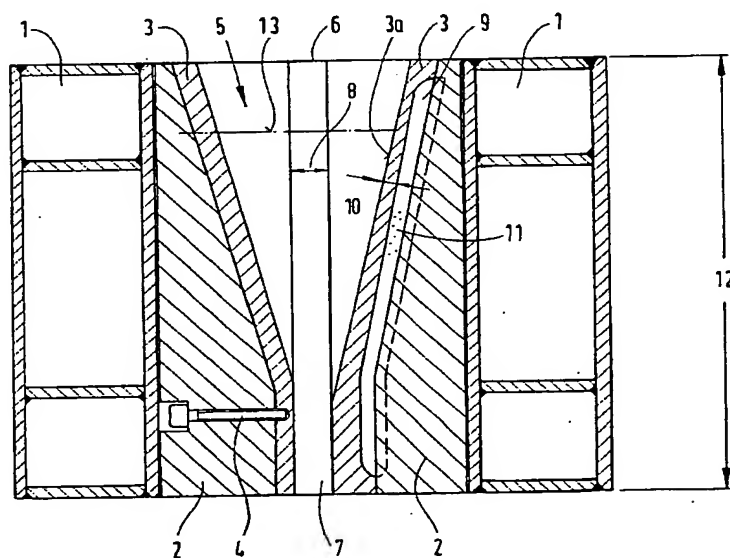
(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,  
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,  
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,  
MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO,  
RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,  
UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH,  
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),  
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,  
TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,  
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **CONTINUOUS CASTING MOULD FOR LIQUID METALS, ESPECIALLY FOR LIQUID STEEL**

(54) Bezeichnung: **STRANGGIESSKOKILLE FÜR FLÜSSIGE METALLE, INSBESONDERE FÜR FLÜSSIGEN STAHL**



(57) Abstract: The invention relates to a continuous casting mould for liquid metals, especially for liquid steel, comprising steel charging plates (2) which are surrounded by water reservoirs (1), cassette-type copper plates (3) arranged against the same, end plates (7), if needed, for the thickness and/or the width of the cast billet, and coolant channels (9). The aim of the invention is to take measures to counteract the high temperatures in the meniscus region (10) using appropriate embodiments of the copper plates (3) and/or the steel charging plates (2). To this end, the thickness (10) of the copper plates (3) between the coolant (11) and the hot side (3a) of the copper plates varies along the width (2 x L) and/or in terms of the height (12).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/106073 A2



PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

**(57) Zusammenfassung:** Eine Stranggiesskokille für flüssige Metalle, insbesondere für flüssigen Stahl, mit von Wasserkästen (1) umgebenen Stahleinsatzplatten (2) und an diesen anliegenden kassettenartigen Kupferplatten (3) und bei Bedarf vorgesehenen Endplatten (7) für die Giesstrangdicke und/oder die Giesstrangbreite und Kühlmittelkanälen (9) sieht gegen die hohen Temperaturen im Giessspiegelbereich (13) geeignete Ausbildungen der Kupferplatten (3) und/oder der Stahleinsatzplatten (2) durch solche Massnahmen vor, dass die Dicke (10) der Kupferplatten (3) jeweils zwischen dem Kühlmedium (11) und der Kupferplatten-Heisseite (3a) über die Breite (2 x L) und/oder über die Höhe (12) unterschiedlich ist.

5

## Stranggießkokille für flüssige Metalle, insbesondere für flüssigen Stahl

10 Die Erfindung betrifft eine Stranggießkokille für flüssige Metalle, insbesondere für flüssigen Stahl, mit von Wasserkästen umgebenen, den Gießquerschnitt mit parallelem Verlauf bildenden, einander gegenüberliegenden Einsatzplatten aus Stahl, und an den Stahleinsatzplatten anliegenden kassettenartigen Kupferplatten, die den Gießhohlraum begrenzen, und ggf. an den Stirnseiten des  
15 Gießhohlraums eingefügten Endplatten zur Festlegung der Gießstrangdicke und / oder der Gießstrangbreite, die den Gießhohlraum an den Stirnseiten abschließen und mit in den Kupferplatten an den Grenzflächen zu den Stahleinsatzplatten einen Einlass mit einem Auslass verbindende Kühlmittelkanäle.

20 Die bezeichnete Stranggießkokille ist aus der DE 195 81 604 T1 bekannt. Eine solche Stranggießkokille bildet eine sogenannte Kassettenkokille. Die Kassettenkokille besitzt die an den Stahleinsatzplatten anliegenden kassettenartigen Kupferplatten, die den Gießhohlraum begrenzen. An und für sich bestehen Vorteile der Art, dass weniger Wasserkästen benötigt werden, dass geringere  
25 Wechselzeiten für die kassettenartigen Kupferplatten notwendig sind, dass geringere Transportkosten wegen des geringeren Transportgewichts entstehen, dass die Kosten für die Beschichtung mit Nickel niedriger ausfallen und dass die Standzeiten solcher Kokillen höher sind.

Trotz dieser Vorteile haftet der Kassettenkokille der Nachteil einer hohen Heißeiten-Temperatur im Gießspiegelbereich an mit dem darunter liegenden steilen  
30 Temperaturabfall. Dadurch entsteht eine hohe Belastung der Strangschale am Gießstrang und damit die Gefahr von Oberflächenfehlern. Ferner tritt frühzeitig eine ungleichmäßige Schlackenfilmdicke infolge der deutlich unterschiedlichen Heißeiten-Temperatur im oberen Kokillenbereich auf.

35

5 Weiterhin muss von der Erfahrung ausgegangen werden, dass auch über die Gießbreite unterschiedliche Kokillentemperaturen vorliegen, die sich negativ auf die Kokillenstandzeit und die Oberflächenqualität des Gießstrangs auswirken können.

10 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einer solchen Kassettenkokille gegen die hohen Temperaturen im Gießspiegelbereich durch geeignete Ausbildung der Kupferplatten und / oder der Stahleinsatzplatten Maßnahmen vorzuschlagen.

15 Die gestellte Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Dicke der Kupferplatten jeweils zwischen dem Kühlmedium und der Kupferplatten-Heißseite über die Breite und / oder über die Höhe unterschiedlich ist. Dadurch kann die Heißseiten-Temperatur über die Kokillenbreite vergleichmäßigt werden und der deutliche Temperaturabfall kann über die Kokillenhöhe unterhalb des  
20 Gießspiegelbereichs reduziert werden.

Eine Ausgestaltung sieht vor, dass die Kühlmittelkanäle in der Kupferplatte und zumindest teilweise in der angrenzenden Stahleinsatzplatte verlaufen. Dadurch werden einesteils gleiche Strömungsgeschwindigkeiten in den Kühlkanälen ge-  
25 währleistet und andernteils wird die Herstellung der Kühlmittelkanäle in der Kupferplatte und in der Stahleinsatzplatte erheblich vereinfacht.

Die verbesserte Wärmeabfuhr im Gießspiegelbereich kann noch dadurch gesteigert werden, dass im Gießspiegelbereich der Kühlmittel-Kanalquerschnitt  
30 kleiner ist als im übrigen Verlauf des Kühlmittelkanals.

Eine andere Maßnahme zur Reduzierung der Heißseiten-Temperatur im Gießspiegelbereich besteht darin, dass im Gießspiegelbereich die Dicke zwischen dem Kühlmittelkanal und der Heißseitenfläche der Kupferplatte geringer ist als  
35 oberhalb und unterhalb dieses Bereiches.

5 Der Temperatenausgleich zwischen höheren und tieferen Bereichen innerhalb der Höhe der Stranggießkokille wird ferner dadurch unterstützt, dass die geringere Dicke zwischen dem Kühlmittelkanal und der Heißseitenfläche der Kupferplatte auf den Höhenabschnitt begrenzt ist und in tieferen Abschnitten kontinuierlich auf einen Abstand vergrößert ist.

10

Bei entsprechender Einarbeitung der Kühlmittelkanäle in die Stahleinsatzplatte ist vorgesehen, dass ein Abstand der Heißseitenfläche der Kupferplatte in gleichen Höhenabschnitten konstant ist.

15

Im allgemeinen richtet sich die Anordnung der Kühlmittelkanäle nach der Innenform des Gießhohlraums. Dazu wird vorgeschlagen, dass in dem Breitenabschnitt der Abstand zur Heißseitenfläche im mittleren Bereich geringer als im Randbereich ist. Dadurch kann die Temperatur der Heißseite gleichmäßig werden.

20

Hierzu wird ergänzend vorgeschlagen, dass mit dem Kühlmittelkanal in Verbindung stehende Nuten in der Kupferplatte mit ihren Nuttiefen größer 10 mm und kleiner 25 mm ausgeführt sind.

25

Für CSP-Anlagen werden spezielle Kokillen zum Dünnbrammen-Gießen angewendet. Vorteilhaft ist hierbei, dass eine Trichterkokille anwendbar ist und dass der Breitenabschnitt mit dem größten Abstand des Kühlmittelkanals von der Heißseitenfläche der Kupferplatte eine Länge von 50 bis 80 % des Breitenbereichs im Trichter beträgt.

30

Nach weiteren Merkmalen ist vorgesehen, dass ein außen liegender Breitenbereich des Trichterquerschnitts zwischen 50 und 80 % der Breitseitenlänge „L“ minus der halben Trichterbreite beträgt.

35

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt, die nachstehend näher erläutert werden.

5

Es zeigen:

Fig. 1 einen senkrechten Mittenquerschnitt durch die Stranggießkokille,

10 Fig. 2 einen senkrechten Teilquerschnitt durch die Kupferplatte mit der Stahleinsatzplatte,

Fig. 3 denselben Querschnitt wie Fig. 2 für eine alternative Ausführungsform und

15

Fig. 4 eine Draufsicht auf eine Kokillenbreite als Trichterkokille.

In der Stranggießkokille werden flüssige Metalle, insbesondere flüssiger Stahl, zu Gießsträngen mit unterschiedlichen Formaten und Knüppel-, Vorblock-,  
20 Brammen – und Dünnstrangquerschnitten vergossen. Innerhalb eines Wasserkastens 1 sind einander gegenüberliegende Einsatzplatten 2 aus Stahl und in den Stahleinsatzplatten 2 anliegende Kupferplatten 3 befestigt, z.B. mittels Schrauben 4 gegen die Stahleinsatzplatten 2 verspannt, die eine Kassette bilden. Die Kupferplatten 3 begrenzen den Gießhohlraum 5. Zwischen den Kupferplatten 3 sind Endplatten 7, sog. Schmalseitenplatten, angeordnet, deren  
25 Dicke 8 die Gießstrangdicke bildet oder die durch ihren gegenseitigen Abstand die Gießstrangbreite bestimmen.

In den Kupferplatten 3 sind an der Grenze zu den Stahleinsatzplatten 2 Kühlmittelkanäle 9 eingearbeitet, die jeweils mit einem Einlass und einem Auslass versehen sind.  
30

Im Gegensatz zu den bisherigen Kokillen-Kupferplatten 3 ist die Dicke 10 der Kupferplatten 3 jeweils zwischen dem Kühlmedium 11 und der Kupferplatten-Heißseite 3a über die Breite  $2 \times L$  und / oder über die Höhe 12 der Kokille unterschiedlich. Im Bereich des Gießspiegels 13 ist die Dicke 10 der Kupferplatte  
35

3 kleiner gehalten als im tiefer befindlichen, größeren Bereich, so dass die Wärmeabfuhr im Gießspiegelbereich 13 erheblich höher ist als im tiefer befindlichen Bereich. Dadurch wird im Gießspiegelbereich 13 eine geringere Heißeiten-Temperatur eingestellt.

Die Kühlmittelkanäle 9 in der Kupferplatte 3 können auch zumindest teilweise in der angrenzenden Stahleinsatzplatte 2, wie in Fig. 1 durch die gestrichelte Linie angedeutet ist, verlaufen.

Im Bereich des Gießspiegels 13 (Fig. 2) ist die Kupferplatte 3 gleichmäßig dick gehalten und die Kühlmittelkanäle 9 sind auch gleichmäßig tief. Ein engerer Kühlmittelkanal 9 wird demnach durch eine im Gießspiegel 13 gegenüberliegende Stahleinsatzplatte 2 auf einer Höhe H1 normal und auf der sich nach unten anschließenden Höhe H2 enger ausgeführt, so dass sich zwischen der Kupferplatte 3 und der Stahleinsatzplatte 2 in der Höhe H2 die erwünscht höhere Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmediums 11 ergibt. Das Kühlmedium 11 kann alternativ von oben nach unten oder von unten nach oben geführt werden. Auf der Höhe H2 ergibt sich somit ein kleinerer Kühlmittel-Kanalquerschnitt 14. Bei einer praktischen Ausführungsform kann die Höhe H1 = 40 – 90 mm und die Höhe H2 = 80 – 150 mm betragen.

Der Kühlmittel-Kanalquerschnitt 14 (Fig. 3) ist in der Höhe H2 als Minimaldicke ( $A_{\min}$ ) ausgeführt und in den unteren Bereichen ist der Kühlmittel-Kanalquerschnitt 14 stets größer, wobei auch der untere Bereich der Dicke ( $A_u$ ) der Kupferplatte 3 stets größer ausgeführt ist.

Weiterhin ist im Gießspiegelbereich 13 die Dicke 10 zwischen dem Kühlmittelkanal 9 und der Heißeitenfläche 3a der Kupferplatte 3 gemäß Fig. 2 jeweils oben und unten gleich, gemäß Fig. 3 ist diese Dicke 10 oben klein und unten größer.

5 Die geringere Dicke 10 zwischen dem Kühlmittelkanal 9 und der Heißseitenfläche 3a der Kupferplatte 3 ist auf den Höhenabschnitt H2 beschränkt. Diese geringere Dicke 10 zwischen dem Kühlmittelkanal 9 und der Heißseitenfläche 3a der Kupferplatte 3 ist, bezogen auf den Höhenabschnitt H2, in tieferen Abschnitten kontinuierlich auf den Abstand  $A_u$  vergrößert.

10 Gemäß Fig. 4 ist die Kupferwandstrke einer Trichterkokille 17 vor dem Kühlmedium und / oder die Khlnutgeometrie ( Tiefe, Breite, Durchmesser und Abstand) ber die Kokillenbreite  $2 \times L$  unterschiedlich ausgeführt. Dadurch wird zusätzlich die Heißseiten-Temperatur über die Kokillenbreite  $2 \times L$  vergleichmäßigt und über die Kokillenhhe 12 kann ebenfalls der deutliche Temperaturabfall unterhalb des Giespiegelbereichs 13 reduziert werden.

Hierbei (Fig. 4) ist ein Abstand  $D_1$ ,  $D_3$  der Heißseitenfläche 3a der Kupferplatte 3 in gleichen Breitenabschnitten  $L_1$ ,  $L_3$  konstant gehalten. Ferner ist in gleichen Breitenabschnitten  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  ausgehend von den Breitenabschnitten  $L_1$ ,  $L_3$  mit den Abständen  $D_1$ ,  $D_3$  ein Abstand  $D_2$  im Breitenabschnitt  $L_2$  zum mittleren Bereich auf ein Maß  $D_2$  verringert. Mit dem Kühlkanal 9 in Verbindung stehende Nuten 15 sind in der Kupferplatte 3 mit ihren Nuttiefen größer 10 mm und kleiner 25 mm ausgeführt.

25 Bei Anwendung einer Trichterkokille 17 ( für CSP-Anlagen) beträgt der Breitenabschnitt  $L_3$  mit dem größeren Abstand  $D_3$  des Kühlmittelkanals 9 von der Heißseitenfläche 3a der Kupferplatte 3 eine Länge von 50 – 80 % des Lngsbereichs  $L$  im Trichter 17a.

30 Ein außen liegender Breitenbereich  $L_1$  der Kupferplatten 3 beträgt zwischen 50 – 80 % der halben Breitseitenlänge  $L$  minus der halben Trichterbreite  $L_3$ .

Die Nuten 15 liegen im Breitenabschnitt  $L_1$  mit den Abständen  $D_{Cu1}$  und der Nutentiefe  $D_{Pi1}$  gleich mit  $L_2$  und  $D_{Cu2} + D_{Pi2}$  sowie gleich mit  $L_3$  und  $D_{Cu3} + D_{Pi3}$ . Die gesamte Nuttiefe ist kleiner 20 mm und größer 10 mm.



5

Die Breitenabschnitte  $L$  sind mit  $L_1 = 0,5 - 0,8 (L - T_F / 2)$ ,  $L_2 = L - (L_1 + L_3)$  und  $L_3 = 0,5 - 0,8 T_F / 2$  zu bemessen, wobei  $T_F / 2$  die halbe Trichterbreite bedeutet.

5

**Bezugszeichenliste**

	1	Wasserkasten
10	2	Stahleinsatzplatte
	3	Kupferplatte
	3a	Heißseitenfläche
	4	Schrauben
	5	Gießhohlraum
15	6	Stirnseite
	7	Endplatten
	8	Dicke der Endplatte
	9	Kühlmittelkanal
	10	Dicke der Kupferplatte
20	11	Kühlmedium
	12	Höhe der Kokille
	13	Gießspiegel (- Bereich)
	14	Kühlmittel-Kanalquerschnitt
	15	Nuten
25	16	Nuttiefe
	17	Trichterkokille
	17a	Trichter
	17b	Trichterquerschnitt
	L	halbe Kokillenplattenbreite
30	L1, L2, L3	Breitenabschnitte
	$D_{Cu} 1, D_{Cu} 2, D_{Cu} 3$	Abstände im Kupfer
	$D_{Pl} 1, D_{Pl} 2, D_{Pl} 3$	Nutentiefe
	$T_F$	Trichterquerschnitt

5

**Patentansprüche**

- 10 1. Stranggießkokille für flüssige Metalle, insbesondere für flüssigen Stahl, mit von Wasserkästen umgebenen, den Gießquerschnitt mit parallelem Verlauf bildenden, einander gegenüberliegenden Einsatzplatten aus Stahl, und an den Stahleinsatzplatten anliegenden kassettenartigen Kupferplatten, die den Gießhohlraum begrenzen, und ggf. an den Stirnseiten des Gießhohlraums  
15 eingefügten Endplatten zur Festlegung der Gießstrangdicke, und / oder der Gießstrangbreite, die den Gießhohlraum an den Stirnseiten abschließen und mit in den Kupferplatten an den Grenzflächen zu den Stahleinsatzplatten einen Einlass mit einem Auslass verbindende Kühlmittelkanäle,

**dadurch gekennzeichnet,**

- 20 dass die Dicke (10) der Kupferplatten (3) jeweils zwischen dem Kühlmedium (11) und der Kupferplatten-Heißseite (3a) über die Breite (2 x L) und / oder über die Höhe (12) unterschiedlich ist.

- 25 2. Stranggießkokille nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die Kühlmittelkanäle (9) in der Kupferplatte (3) und zumindest teilweise in der angrenzenden Stahleinsatzplatte (2) verlaufen.

- 30 3. Stranggießkokille nach einem der Ansprüche 1 und 2

**dadurch gekennzeichnet,**

dass im Gießspiegelbereich (13) der Kühlmittel-Kanalquerschnitt (14) kleiner ist als im übrigen Verlauf des Kühlmittelkanals (9).

- 35 4. Stranggießkokille nach einem der Ansprüche 1 und 2,

**dadurch gekennzeichnet,**

5 dass im Gießspiegelbereich (13) die Dicke (10) zwischen dem Kühlmittelkanal (9) und der Heißeitenfläche (3a) der Kupferplatte (3) geringer ist als ober- und unterhalb dieses Bereiches.

10 5. Stranggießkokille nach einem der Ansprüche 3 oder 4,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die geringere Dicke (10) zwischen dem Kühlmittelkanal (9) und der Heißeitenfläche (3a) der Kupferplatte (3) auf den Höhenabschnitt (H2) begrenzt ist und in tieferen Abschnitten kontinuierlich auf einen Abstand ( $A_u$ ) vergrößert ist.

15 6. Stranggießkokille nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass ein Abstand ( $D_1$ ;  $D_3$ ) der Heißeitenfläche (3a) der Kupferplatte (3) in gleichen Höhenabschnitten ( $L_1$ ;  $L_3$ ) konstant ist.

20 7. Stranggießkokille nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass in dem Breitenabschnitt ( $L_2$ ) der Abstand zur Heißeitenfläche (3a) im mittleren Bereich geringer als im Randbereich ist.

25 8. Stranggießkokille nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass mit dem Kühlmittelkanal (9) in Verbindung stehende Nuten (15) in der Kupferplatte (3) mit ihren Nuttiefen (16) größer 10 mm und kleiner 20 mm  
30 ausgeführt sind.

9. Stranggießkokille nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass eine Trichterkokille (17) anwendbar ist und dass der Breitenabschnitt  
35 ( $L_3$ ) mit dem größten Abstand ( $D_3$ ) des Kühlmittelkanals (9) von der Heißeitenfläche (3a) der Kupferplatte (3) größer 10 mm und kleiner 20 mm ausgeführt ist.

5       seitenfläche (3a) der Kupferplatte (3) eine Länge von 50 bis 80% des Breitenbereichs (L) im Trichter (17a) beträgt.

10. Stranggießkokille nach Anspruch 9,

**dadurch gekennzeichnet,**

10       dass ein außen liegender Breitenbereich (L1) der Kupferplatten (3) zwischen 50 und 80% der halben Breitseitenlänge (L) minus der halben Trichterbreite (L3) beträgt.

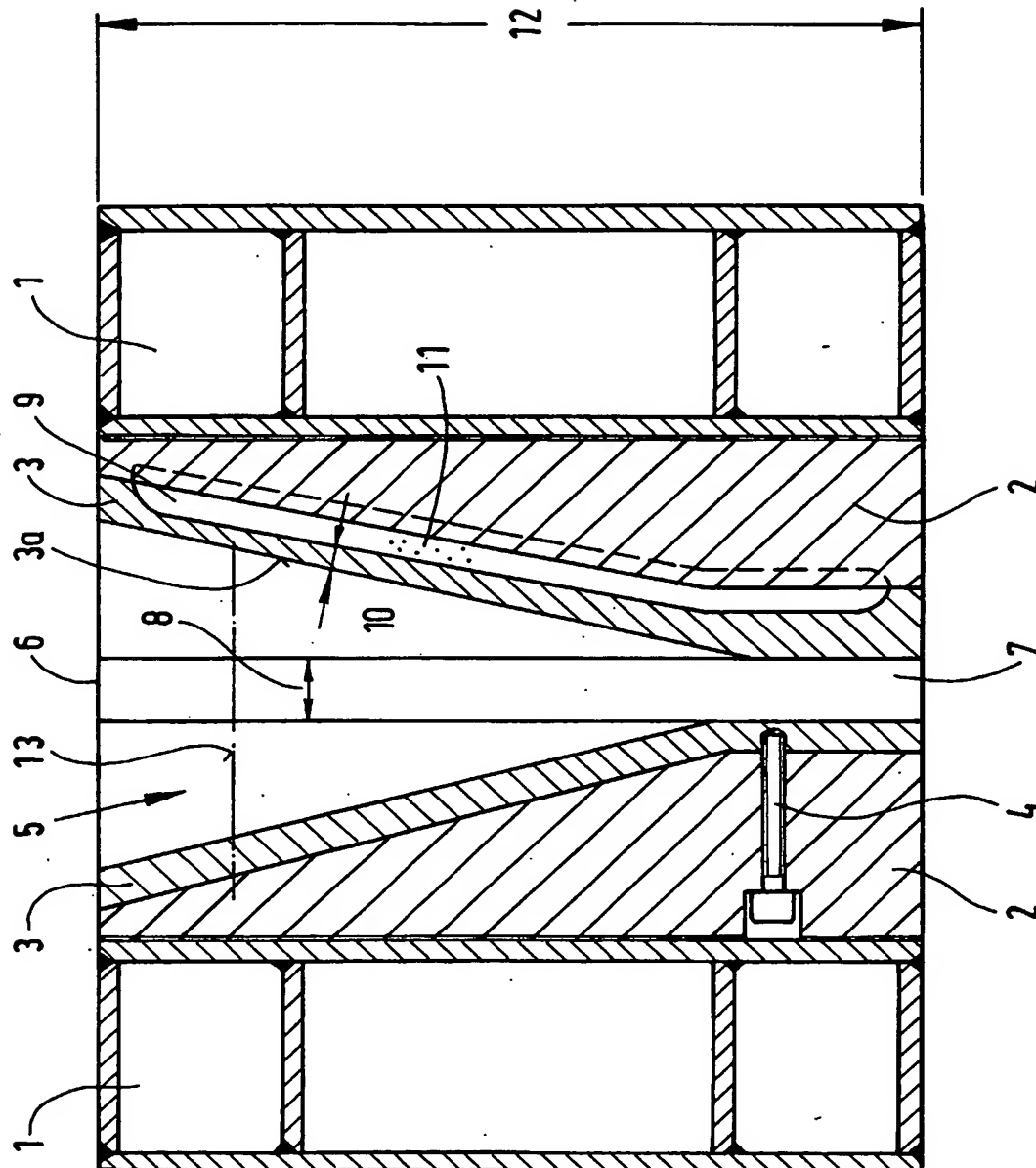
15

20

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

1/4

FIG. 1

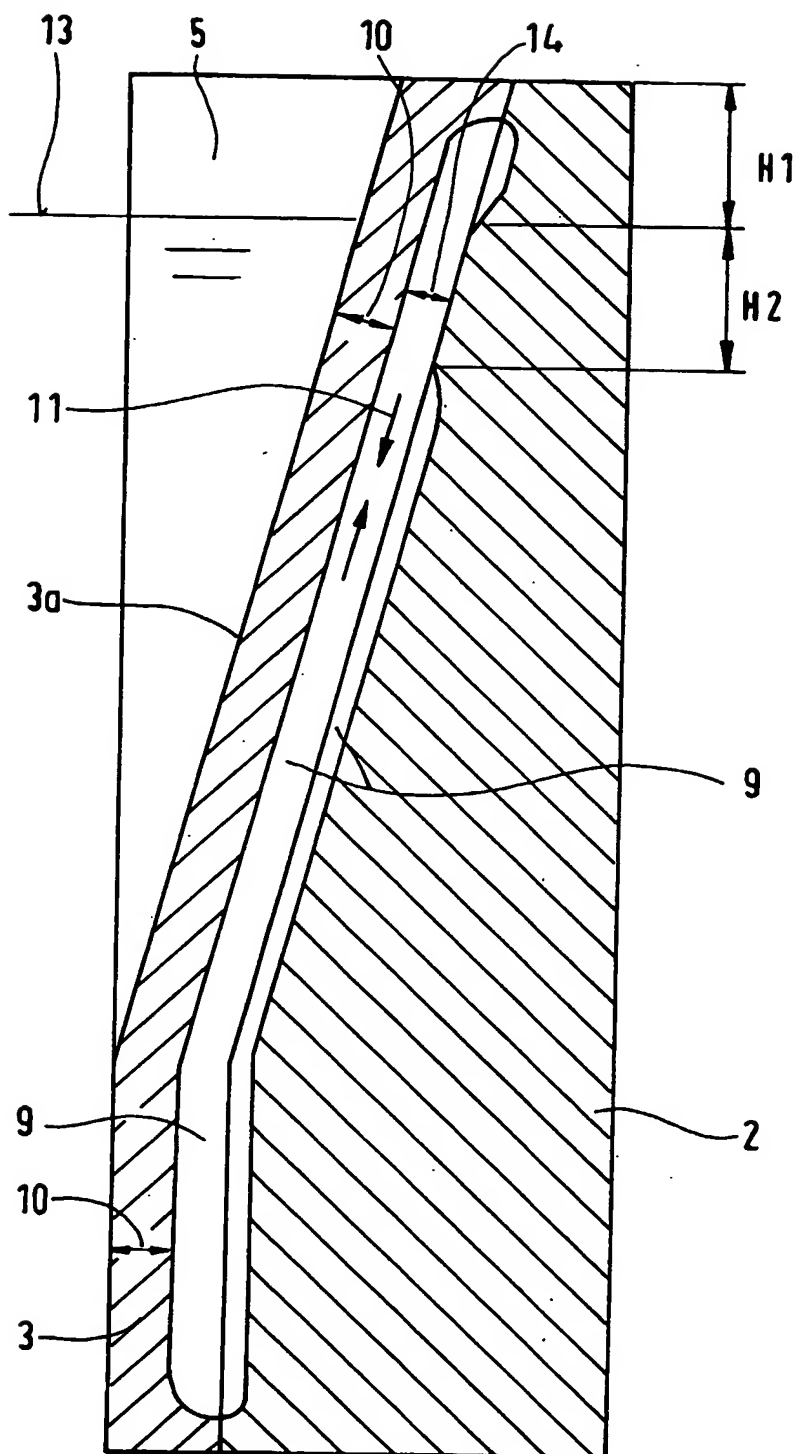


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



2 / 4

FIG. 2

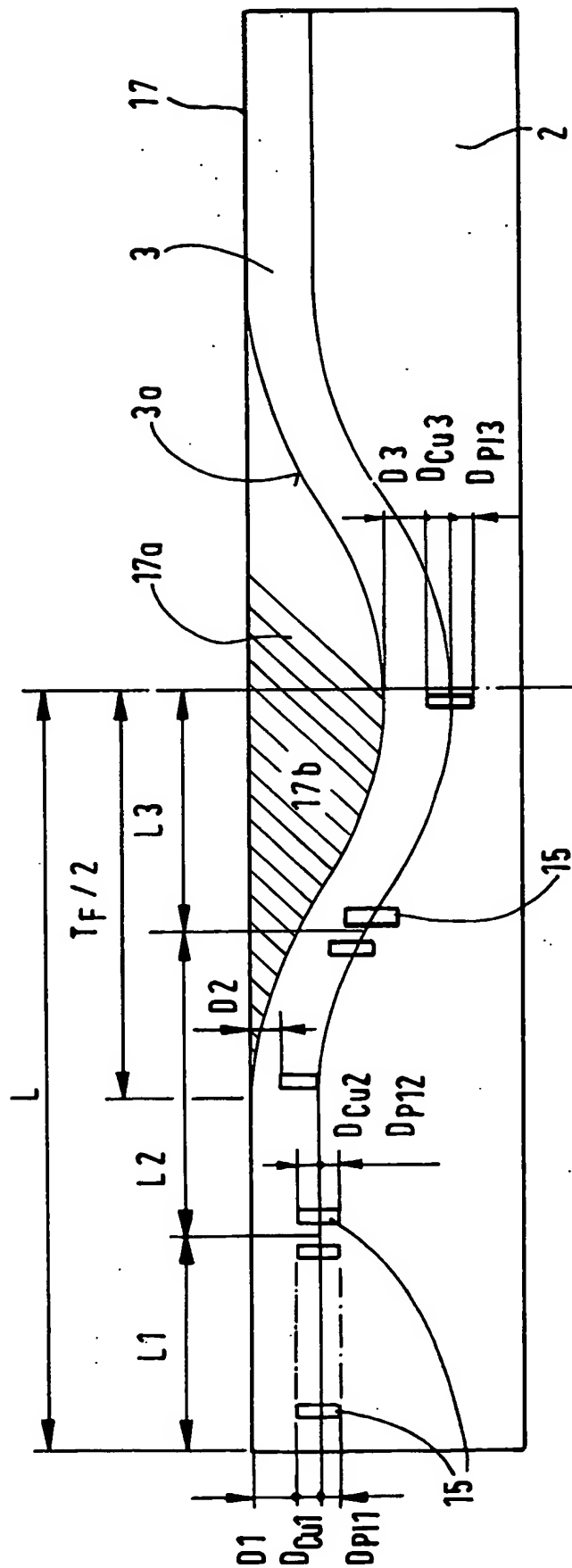


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

4/4



$$20 \text{ mm} > D_{Cu1} + D_{P11} = D_{Cu2} + D_{P12} = D_{Cu3} + D_{P13} > 10 \text{ mm}$$

$$0 \leq D_{P12} < 10$$

$$L3 = 0,5 - 0,8 T_F / 2$$

$$L1 = 0,5 - 0,8 (L - T_F / 2)$$

$$L2 = L - (L1 + L3)$$

FIG. 4

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**